

GHP 성능 진단 평가

김 범 찬, 박 중 하, 김 성 수, 강 용 태[†]

경희대학교 대학원, [†] 경희대학교 기계·산업시스템 공학부

Performance examination appraisal of gas driven engine heat pump(GHP)

Beom Chan Kim, Jung Ha Park, Sung Soo Kim Yong Tae Kang[†]

Department of Mechanical Engineering, Kyung Hee University, Kyung-gi 449-710, Korea

ABSTRACT: GHP system utilize national gas as a heat source. It reduces electric peak demand in summer and maintains a constant performance in winter by recovering the waste heat from the engine. Although the initial investment cost of GHP is higher than that of EHP, the overall operating cost of GHP is cheaper than of the EHP. In this study, items for dissatisfaction were summarized based on the results of user questionnaire(200 users), and field tests were made for 10 GHP installation places. The measured COP was estimated much lower than the rated COP by the manufacturer mainly due to partial load operation.

Key words: GHP, EHP, COP

기호설명

COP : 성적계수
m : 질량유량 [kg/s]
h : 엔탈피 [kJ/kg]
Q : 에너지[kW]

o : 출력
out : 출구
ref : 냉매

하첨자

c : 입력
in : 입구

1. 서론

최근 생활수준의 향상으로 쾌적한 생활공간을 추구하는 욕구가 증대하면서 여름철 냉방수요가 급격히 증가하여 여름철 전력수급의 불안정을 초래하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 여름철에 전기를 사용하지 않고도 냉방설비를 가동할 수 있는 방법으로서 가스냉방기술이 큰 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

전력부하의 경우 냉방전력의 급증으로 하고동저의 형태인 반면 천연가스의 경우는 동절기 난방용 수요의 증가로 동고하저의 현상이 뚜렷하다. 특히 냉방기의 보급이 날로 증가함에 따라 하절

[†] Corresponding author
Tel.: +82-31-201-2990; fax: +82-31-201-8106
E-mail address: ytkang@khu.ac.kr

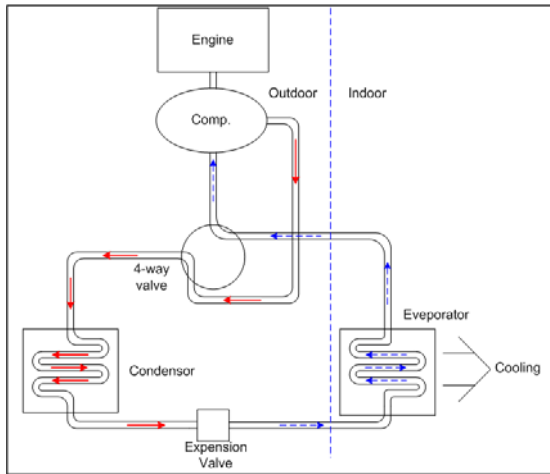


Fig. 1 Cooling cycle of GHP

기의 전기에너지 수요가 2007년도 최대 전력부하는 6150만kW로 나타났고 이 중 냉방부하는 최대 부하의 약 20.3%인 1230만kW로 나타났다.

가스냉방이란 전기를 사용하지 않고 가스를 열원으로 사용하여 냉방하는 방법으로 현재까지는 일반적으로 흡수식 냉온수기의 보급이 주를 이루고 있었으나, 최근에 와서는 학교 등 중·소규모 건물을 중심으로 GHP(Gas engine-driven Heat Pump)가 가스냉방의 한 방법으로 각광을 받고 있다. GHP(Gas engine-driven Heat Pump)란 가스엔진의 구동력에 의해 압축기를 운전하여 난방(냉방)하는 방식으로서 1차 에너지(LNG) 연소시 나오는 배열을 난방에 활용할 수 있어 난방효율이 EHP(Electricity-driven Heat pump)에 비해 높다는 장점이 있으며, 여름철 냉방용 전력수요의 억제효과도 있어 국가에너지정책에도 부합되는 방식이다.

따라서 본 논문에서는 국내 GHP 설치장소를 대상으로 현장진단을 통해 GHP의 가스 사용 실태 및 성능을 측정하고, 설문 조사를 통한 만족도와 불만사항을 조사하여 GHP 보급 및 운전의 효율을 상승시키고, 이를 위한 정책적 지원방안 및 향후 GHP의 기술개발 방향을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 GHP 시스템 작동원리 및 구성

냉방 운전사이클(Fig. 1)은 냉매가 가스엔진으로 구동되는 압축기에 의해 압축되어지고 압축에 따라 고온 고압으로 된 냉매가스는 실외 열교환

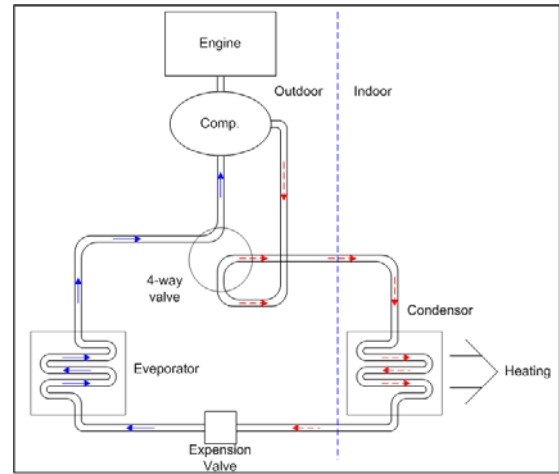


Fig. 2 Heating cycle of GHP

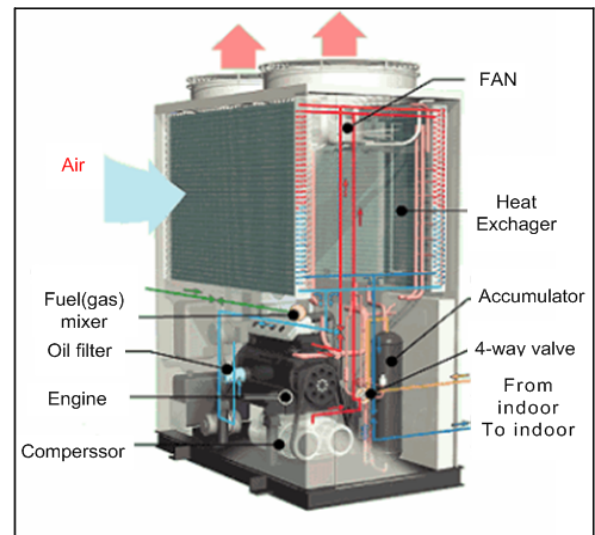


Fig. 3 GHP system

기에서 응축되어 액화된다. 액냉매는 다시 실내 유닛의 팽창변에서 감압되어 저압으로 된 후 실내 열교환기(실내기)에서 실내의 열을 흡열하고 증발 가스화 된다. 즉, 냉매의 증발열에 의해 실내는 냉방이 된다. 냉매가스는 압축기에 들어가 같은 작용을 반복한다.

난방 운전사이클(Fig. 2)에서 냉매는 가스엔진으로 구동되는 압축기에 의해 압축된 고온고압의 냉매가스는 실외기로 유입되지 않고 사방밸브에 의해 실내열교환기로 유입된 후 응축하고 액화한다. 팽창변에서 감압된 저압의 액냉매는 실외 유닛 열교환기에서 외기로부터 열을 흡수하고 흡열된 냉매는 이중관 열교환기에서 배기가스 열교환기와 엔진에 의해 가열된 온수(냉각수)의 열을 회수하며 증발된다. Fig. 3에 실제 사용되고 있는

Table 1 GHP installation places for questionnaire

설치업종	상호	GHP 냉동능력	제조회사 (수입원)	설치대수
학교	국립춘천대학교	45kW	SANYO	6대
	국립춘천대학 부설초등학교	67kW	ASIN (SAMSUNG)	2대
	서울 상문고등학교	56kW	SANYO	5대
	서울 영동중학교	67kW	ASIN	4대
	서울 중암중학교	67kW	ASIN	3대
관공서	인천 청소년재단	67kW	ASIN	3대
	인천 검단복지회관	67kW	ASIN (SAMSUNG)	3대
상업건물	경북 경산세무서	67kW	ASIN (SAMSUNG)	4대
	정화미용예술학교	67kW	ASIN (SAMSUNG)	5대
	동대문 청평화시장	35.5kW	SANYO 외 3	45대
계				80대

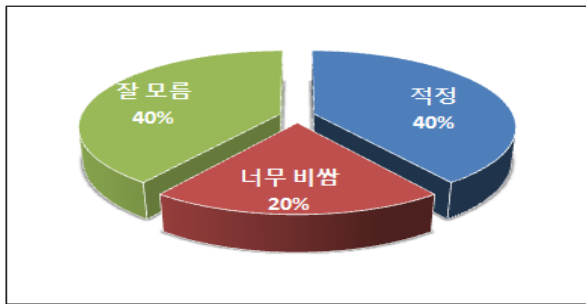


Fig. 4 Operation cost after GHP installation

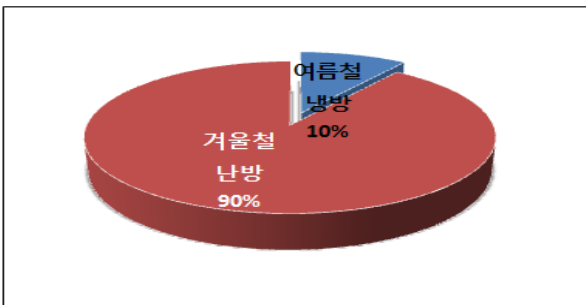


Fig. 5 Degree of dissatisfaction

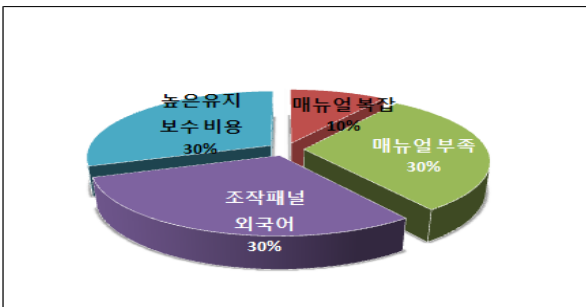


Fig. 6 Items of dissatisfaction

GHP의 외관이 나타나있다.

2.2 GHP 설치업체 설문조사

본 연구에서는 GHP 설치업체 설문조사와 현장 진단을 통해 GHP의 운영 실태를 조사하였다. Table 1은 설문조사 업체를 나타내고 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6은 현장진단업체의 설문조사 결과들을 나타내고 있다. GHP 설치후 운전비용(Fig. 4)의 설문조사에서 20%의 업체가 에너지 절감 효과에 대해서 에너지 비용이 증가했다는 응답을 하였다. 이는 업체에 설치된 GHP시스템의 결함이 있거나 운영이나 제어방법에 문제가 있는 것으로 추정된다. 또한 겨울철 난방 가스요금이 일반 가정용 요금과 별반 차이가 없어 설치 업체 담당자들이 에너지절감 효과를 크게 느끼지 못하는 것으로 조사되었다. Fig. 5는 GHP시스템의 냉난방효과에 대한 만족도를 나타낸 것이다. GHP 시스템의 난방 운전시 천정 카세트에서 나오는 온풍이 바닥으로 도달하지 못하고 실내 상부에만 체류하여 실내공기의 상하 온도차가 심하다는 응답이 주를 이루었다. Fig. 6에 GHP 운전시 불만 사항의 항목들을 나타내었다. 불만사항은 높은 유지보수비용, 매뉴얼 부족, 조작패널이 외국어이고 매뉴얼이 복잡하다는 점이 지적되었다. 따라서 GHP 담당자들이 조작이 간단하고 쉽게 이해할 수 있는 유지보수 매뉴얼의 보급이 시급한 실정이며, GHP 시스템의 정기 점검 보수의 경우 소모품 및 부품교환 비용이 상당히 고가인 관계로 GHP를 설치한 업체들이 유지보수 비용에 대해 상당한 부담을 느끼고 있다.

2.3 GHP 설치업체 현장진단

본 연구에서는 10개소의 GHP 설치 업체를 지역 및 업종별로 선정하여 기기의 현장 운전시의 실측 가스 소비량과 압축기, 증발기, 응축기의 입출구 온도를 측정하여 합리적인 GHP운전 및 관리 방안을 제시하였다.

성적계수는 가스엔진과 압축기 효율뿐만 아니라 열펌프 시스템 자체 효율(배관손실, 열교환기 효율) 등과 직접적인 관계가 있으며 현재 20HP 급 일본 제품의 경우 Table 2에 보인 바와 같이 서로 동일한 냉난방 능력을 가지며 특별한 경우

Table 2 COP for Japan made GHP(20HP)

제 작 사		A사	B사	C사	D사
성적계수	냉방	1.03	1.26	1.01	1.03
	난방	1.24	1.48	1.21	1.29
정격 냉방 성능(kw)		56.0	56.0	56.0	56.0
정격 난방 성능(kw)		67.0	67.0	67.0	67.0
정격 냉난방 성능은 JIS V8627의 조건에서 구한 값임					

를 제외하고는 냉방의 경우는 대략 1.0 이상, 난방인 경우에는 1.2 이상을 보이고 있다.

2.3.1 COP 현장 측정

GHP 시스템에서는 도시가스를 사용하여 엔진을 구동하므로 입력에너지는 LNG연료의 유량을 측정하고 가tm공급 압력과 온도를 보정하여 표준(normal)상태의 질량으로 환산하여 연료의 저위 발열량을 적용하여 입력에너지를 산출한다. 가스 유량 보정식은

$$\frac{\text{측정유량}(LPM) \times (10^{-3} \times \rho \times 60) \times 10,332 + \text{공급압력}(mmAq)}{10,332} \times \frac{273}{273 + \text{측정온도}(^{\circ}C)} \quad (1)$$

현장 진단에서는 초음파 유량계로 유량을 측정하려 하였으나, 증발기/응축기 뿐만 아니라 전 배관에서 압력강하와 함께 기상 100%, 액상 100% 상태로 존재하지 않기 때문에 유량의 측정이 불가능 하였다. 실내기의 풍량을 측정하여 계산하는 방법도 있으나 이 역시 여러 가지 측정의 오차가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 압축기와 엔진의 회전수 비로 압축기의 회전수를 계산하고 이를 토대로 압축기의 냉매 토출량을 계산하여 이를 측정된 데이터에 대입하여 계산하였다. 난방열량계산은

$$Q_c = \dot{m}_{ref} \times (h_{c,in} - h_{c,out}) \quad (2)$$

입력에너지와 출력에너지를 통해 난방 COP는

$$COP = \frac{Q_c}{Q_o} \quad (3)$$

로 구하였다.

현장에 설치되어 있는 GHP중 압축기에 관한 유량비율 데이터가 산요만 있는 관계로 산요

Table 3 Field test results

	춘천교대	상문고교
Gas flow (LPM)	26.11	27.77
Engine Caloric value (kJ/s)	12.1	12.84
Entalpy difference (kJ/kg)	182.52	177.14
Comp. discharge value (m ³ /hr)	38.9	32.7
Refrigerant mass flow (kg/s)	0.05	0.04
Heating Caloric value (kJ/s)	9.01	7.34
Heating COP	0.81	0.57

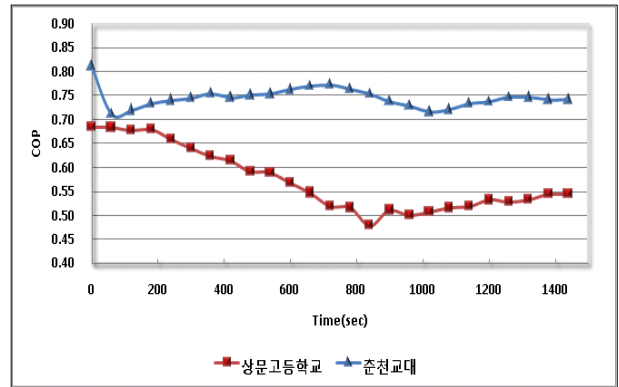


Fig. 7 Field test COP.

GHP를 사용 중인 국립춘천교육대학교와 서울상문고등학교를 대상으로 COP를 측정 계산하였다. 측정결과 평균 COP는 국립춘천교육대학교가 0.81, 서울상문고교가 0.57로 측정되었다. 이러한 차이가 나타난 이유는 국립춘천교육대학교 측정시 방학 중이라 가동하지 않던 교실을 가동하면서 난방부하를 증가하면서 COP도 같이 상승하는 것을 볼 수 있다. 이에 반하여 서울상문고등학교의 경우 GHP의 실내기를 측정을 위해 잠시 멈추었다 다시 가동한 것으로 난방부하의 증감이 멈춘 시간만큼 늘었다가 다시 감소함에 따라 COP가 변화 없이 일정하다가 감소하는 것을 볼 수 있다.

이렇게 난방부하에 따라 COP가 다르게 나오는 이유는 엔진의 rpm을 일정하게 1,500~2,500을 유지하면서 난방부하에 따라 압축기의 On/Off를 제어하여 냉매유량을 제어하기 때문이다. 난방부하가 감소하여도 엔진의 rpm은 일정하기 때문에 가스유량의 변화는 크게 없고, 따라서 에너지 입

Table 4 Summary of questionnaire

분야	설문조사 결과
홍보 및 지원	정부나 지방자치단체 등의 홍보 및 교육지원 필요
	도시가스 회사에서는 정기적인 사용자나 관리자를 위한 세미나 개최 및 교육이 필요
	GHP 설치시 각종 보조금 지원 확대방안 필요
소비자 만족도	GHP 조작 운전패널 및 정비 취급 설치 매뉴얼 한글화 필요
	겨울철 난방시 실내의 상하 성층화로 인한 문제점
기술적 개선	일본 수입 부품으로 인한 유지보수 비용이 높음

력은 일정한데 반하여 실내기의 입출구 엔탈피차가 줄어들어 나타나는 결과이다. 이러한 COP의 증감을 살펴 볼 때 GHP 실외기에 맞는 정확한 난방용량을 계산하여 GHP 실외기 1대당 난방부하를 늘리고, 난방부하가 작을 때에는 공회전 부하부분 만큼 발전기를 설치하여 건물 내부의 전력에 병용하여 사용한다면 COP가 크게 증가 할 것으로 예측된다.

3. 결론

지구환경을 지키는데 도움이 되는 청정연료로 주목받고 있는 천연가스의 사업 환경이 새로운 대형시장의 등장과 가스 생산국들이 상품화를 서두름에 따라 크게 변화하고 있다.

이런 세계적 추세와 국내의 기후조건을 볼 때 GHP는 엔진의 배열을 이용하여 한냉지에서도 시스템의 난방 능력과 효율을 일정한 수준이상 유지할 수 있으므로 국내의 겨울철 공조 환경에 가장 적합한 냉난방 시스템 중 하나로 여겨진다.

GHP 시스템의 설치업체를 대상으로 실시한 설문조사를 통해 Table 4와 같은 문제점이 있음을 알 수 있었다. 가스엔진 장비 등의 시설로 인한 고가의 기기가격, 그리고 작동법과 매뉴얼이 복잡해 운전이 문제점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 10,000시간 또는 5년에 한번 정기점검 및 교환이 필요해 운전비가 상대적으로 비싼 문제점을 가지고 있다.

뿐만 아니라 정격 COP는 1.3이지만 현장진단을 통한 COP는 약 0.81로 측정되었다. 이것은 GHP가 설치된 환경이 각기 달라 발생하는 것으로 사료되며, 실외기 한 대당의 실내기의 설치대수가

부족하여 낮은 운전부하에서 운전되기 때문에 사료된다. 그리고 실외기의 근접설치로 상호간의 배기가스 영향으로 열교환기 성능이 저하되어 성능이 떨어지는 것으로 진단되었다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 빠른 국산화가 필요하다. 현재 기업에서 저렴한 국산 GHP가 개발되어 시판 중에 있다. 이러한 GHP의 국산화는 국가적 차원에서 제도적/정책적으로 지원해야 할 것으로 사료된다. GHP 보급 확대를 위한 각종 방안들이 더욱 효율적으로 시행되도록 하기 위해서는 가스 냉방보급촉진 정책들이 보다 활발하게 추진되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. Korea gas corporation R&D center, 2001, Development of Heating-Enhanced Natural Gas Engine-Driven Heat Pump(GHP), Report of Korea Gas Corporation, RP 71-83.
2. Willardm, W. P., 1997, Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine, International Ed. Prentice-Hall Inc., pp. 66.
3. Choi, C. Y., Kim, Y. I., 2006, Gas cooling economical efficiency analysis, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 35, No. 2, pp. 45-50
4. Park, T. Y., Ryu, H. S., 2004, Introduction of Gas Engine Driven Heat Pump, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, pp. 1138-1143
5. Kim, M. H., Seo, H. J., 2003, Figure of GHP system and technic development trend, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 32, No. 3, pp. 8~16.
6. Joe, S. H., Kim, Y. K., Yang, H. C., Kang, T. K., 2005, Gas cooling roadmap for speration, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 35, No. 2, pp. 15-19.
7. Jung, D. S., 2003, Gas engine technic of high

performance GHP, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 32, No. 3, pp. 17-20.

8. Hideaki, K. Atsushi, Y., 2003, High-performance, High-Reliability Fas Heat Pump. Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 32, No. 3, pp. 36-41.

9. Sun, Z. G., 2007, A combined heat and cold system driven by gas industrial engine, Energy Conversion and Management 48, pp. 366-369.

10. Park, Y., Park, M. Y., Kim, J. M., 2003, Economic Analysis of Heat Pump System in educational building : Focused on the high school of twenty four classes, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 10, pp. 879-887.